DIE STEREOPHOTOGRAMMETRISCHE AUFNAHME DES GOLDBERGGLETSCHERS IM AUGUST DES JAHRES 1909

(ALS GRUNDLAGE EINER ERFORSCHUNG DES EINFLUSSES DER KLIMATISCHEN VERHÄLTNISSE AUF DIE VERÄNDERUNGEN DES GOLDBERGGLETSCHERS)

VON

ARTUR FREIHERRN v. HÜBL

K. U. K. GENERALMAJOR

Mit 1 Karte und 1 Textfigur.

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 15. DEZEMBER 1910.

Als im Jahre 1904 vom Sonnblickverein die Aufforderung an mich erging, die photogrammetrische Aufnahme des Goldberggletschers in ähnlicher Weise durchzuführen, wie die in den Jahren 1899 und 1900 unternommene Aufnahme des Karl-Eisfeldes im Dachsteingebiet, schlug ich vor, diese Aufnahme auf stereophotogrammetrischem Wege zu besorgen.

Ich war zwar damals bereits mit der Ausgestaltung dieser Methode für die Zwecke der Terrainaufnahme beschäftigt, doch verzögerten allerlei Umstände die Durchführung der Gletscheraufnahme, so insbesondere die zur Beseitigung verschiedener Fehlerquellen nötigen Untersuchungen. Allmählich gelang es aber das Verfahren derart zu vervollkommnen [1], daß es in den letzten Jahren mit bestem Erfolge bei der Mappierung des k. u. k. Militärgeographischen Institutes in der Fels- und Gletscherregion regelmäßig zur Verwendung kam und gestützt auf die hier gemachten Erfahrungen, konnte im August des Vorjahres auch die Aufnahme des Goldberggletschers erfolgen.

Die vorliegende Karte bildet das Resultat dieser Aufnahme. Sie sollte einerseits die Situation der meteorologischen Station zeigen und die Orientierung in ihrer Umgebung ermöglichen, andrerseits auch eine Grundlage für spätere Gletscherforschungen bilden, für welche sich dieses Eisfeld, da es unter steter Beobachtung steht, besonders eignet.

Erfahrungsgemäß genügt für diese Zwecke eine Darstellung im Maße 1 : 10.000, wobei man die vertikale Gliederung der Formen am besten durch ein System von Horizontalkurven darstellt.

[1] Hübl: »Die Stereophotogrammetrie«, Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes 1903.
» »Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme«, Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes 1904.
» »Beiträge zur Stereophotogrammetrie«, Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes 1905.

Für die Wahl der photogrammetrischen Aufnahmsmethode war besonders die Erfahrung maßgebend, daß die Verhältnisse am Gletscher für eine direkte Vermessung mit Meßtisch und Tachymeter äußerst ungünstig sind, denn abgesehen von den meist schlechten Witterungsverhältnissen sind einzelne Teile des Eisfeldes nur schwierig oder auch gar nicht zu begehen und auf der einförmigen Fläche fehlen Objekte, die als natürliche Marken zur Punktbestimmung mit dem Meßtisch dienen könnten.

Man benützt daher schon seit Jahren für solche Aufnahmen fast ausschließlich das photogrammetrische Verfahren, das hier mit allen seinen Vorzügen zur Geltung kommt.

Auf der Felsumrahmung der Gletscher finden sich stets die notwendigen genügend hoch liegenden Standpunkte, welche eine freie Sicht über das ganze Aufnahmsgebiet gewähren, keinerlei Terrainbedeckung steht hindernd im Wege und die Eisformen sind meist so flach, daß sie sich gegenseitig kaum verdecken. Die von solchen Punkten aufgenommenen photographischen Bilder sind daher lückenlos und bilden ein für Meßzwecke völlig ausreichendes Surrogat der Natur.

Die Photogrammetrie in ihrer ersten Ausgestaltung vermochte aber den gehegten Erwartungen nicht immer zu entsprechen und erst durch Zuhilfenahme der von Dr. Pulfrich ausgebildeten stereoskopischen Meßmethode gelang es ein Verfahren zu schaffen, das eine überraschend leichte und sichere Auswertung der photographischen Bilder für die Konstruktion des Planes ermöglicht.

Bei der anfänglich ausgeübten Photogrammetrie wurden die für die Konstruktion des Lageplanes notwendigen Punkte aus zwei von den Endpunkten einer gemessenen Basis aufgenommenen Bildern durch Rayonieren und Schneiden — ähnlich wie bei einer Meßtischaufnahme — ermittelt, wobei diese Punkte irgendwie markiert sein mußten, und zwar so deutlich, daß sie in beiden Bildern als »ident« erkannt wurden. Wenn auch im allgemeinen als Punktmarkierung ganz unscheinbare Objekte, wie kleine Risse, Sprünge, einzelne Steine etc. genügen, so ist die Ermittlung solcher Objekte zuweilen doch recht unsicher und auf detaillosen Flächen, wie sie zum Beispiel der mit Neuschnee bedeckte Gletscher zeigt, versagt dieses Verfahren vollständig.

Benützt man dagegen für die Auswertung der photographischen Bilder das Stereoskop, so entfällt die Notwendigkeit der Punktidentifizierung vollständig, denn die Messungen werden nicht auf zwei getrennten Bildern, sondern in einem stereoskopischen Raumbild mit Hilfe einer gleichfalls stereoskopisch erscheinenden Meßmarke ausgeführt. Dabei sieht man das auszumessende Gelände ähnlich einem plastischen Modell vor sich und gewinnt einen Einblick in die Gliederungen der Formen, den das flache perspektivische Bild der Meßtischphotogrammetrie auch nicht annähernd zu bieten vermag.

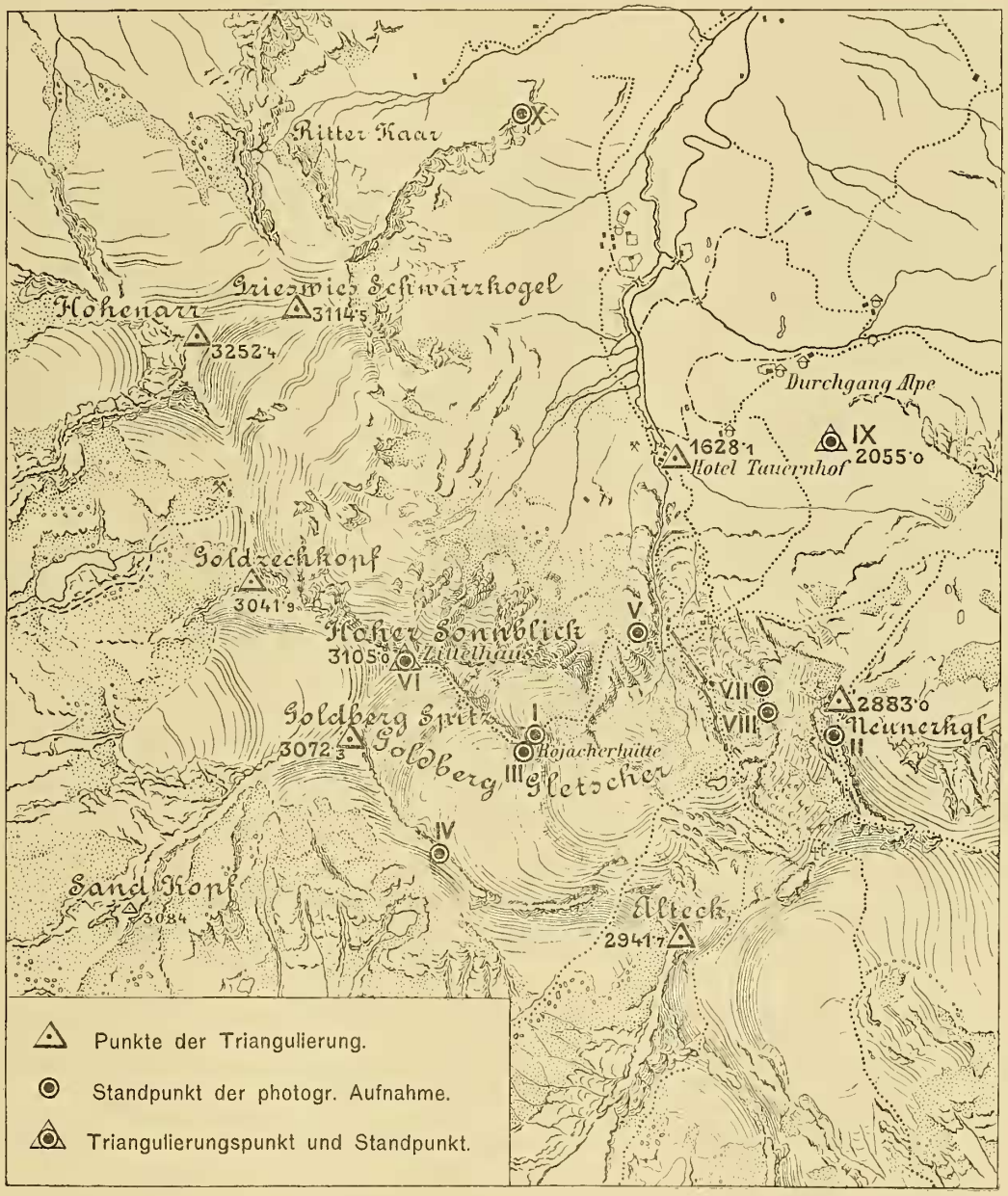
Ein weiterer Vorteil der Stereophotogrammetrie liegt auch darin, daß man mit einer relativ sehr kurzen Standlinie das Auslangen findet, weil die stereoskopische Messung eine sehr genaue Ermittlung der punktbestimmenden Elemente ermöglicht. Während man bei der Meßtischphotogrammetrie die Standlinie so lang wählen muß, daß Schnitte von etwa 30° resultieren, reicht bei der Stereophotogrammetrie eine Basis aus, deren Länge $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ der Entfernung zum aufzunehmenden Objekt entspricht. Dadurch werden sehr ähnliche Bilder mit gleichem Inhalt erhalten und der bei der Meßtischphotogrammetrie oft auftretende Übelstand, daß in einem Bild ein Teil des Geländes durch einen näher liegenden, vorspringenden Terrainteil verdeckt wird, ist hier ausgeschlossen.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der photogrammetrischen Aufnahme besteht darin, daß die bei diesem Verfahren hergestellten Bilder, besonders wenn sie für die Betrachtung im Stereoskop geeignet sind, ein überaus wertvolles Materiale für die Gletscherforschung bilden. Ein Vergleich der zu verschiedenen Zeiten hergestellten Bilder läßt schon auf den ersten Blick alle wesentlichen Veränderungen in der Ausdehnung und Begrenzung des Gletschers erkennen, und mit Hilfe des Stereokomparators können selbst geringe Unterschiede in den Bildern konstatiert und zahlenmäßig festgestellt werden.

Die Feldarbeit.

Die geodätische Grundlage für die Aufnahme bildet die im Jahre 1906 vom k. u. k. Militärgeographischen Institut ausgeführte Triangulierung II. und III. Ordnung, deren Resultate im 16. Jahresbericht des Sonnblickvereines beschrieben sind.

Bei dieser Triangulierung wurde schon die später beabsichtigte Vermessung des Eisfeldes berücksichtigt und es wurde daher dessen Umgebung, wie aus der untenstehenden Skizze zu entnehmen ist, reichlicher als sonst mit sehr günstig gelegenen Fixpunkten dotiert.



Bei einer auf photogrammetrischem Wege durchzuführenden Aufnahme besteht die Feldarbeit lediglich in der Wahl von passend gelegenen Aufstellungspunkten für die Kamera, von welchen das vorliegende Gelände photographiert wird.

Wenn die Auswertung der Bilder durch stereoskopische Messungen erfolgen soll, so müssen je zwei Kamerastationen an den Endpunkten einer relativ kurzen, gemessenen Basis gewählt werden. Die linke

Kamerastation bildet den eigentlichen »Standpunkt«, sie wird durch Winkelmessungen von den trigonometrischen Fixpunkten festgelegt und liefert das Hauptbild für die Konstruktion, während auf der rechten Station, die durch tachymetrische Messungen an den Standpunkt angeschlossen wird, das stereoskopische Hilfsbild entsteht. Die beiden mit parallel gestellten Kamerachsen aufgenommenen Bilder werden dann im Stereoskop zu einem Raumbild vereint, an welchem die Messungen vorgenommen werden.

Die gegenseitige Entfernung der beiden Stationen, also die Länge der stereoskopischen Basis, wurde mit Rücksicht auf den Konstruktionsmaßstab und die Entfernung des zu photographierenden Terrainabschnittes mit 30 bis 150 *m* gewählt.

Für die photographische Aufnahme diente ein im k. u. k. Militärgeographischen Institut in Verwendung stehender Apparat [1] für Polygonaufnahmen mit einem Objektiv von 245 *mm* Brennweite und als Winkelmeßinstrument kam ein kleiner Theodolit mit Minutenablesung zur Verwendung, der sich auf das Kamerastativ aufsetzen läßt.

Das Gebiet des Goldberggletschers ist für eine stereophotogrammetrische Aufnahme sehr günstig gestaltet, da man von dem zwischen Neunerkogel und »Herzog Ernst« liegenden 2800 *m* hohen Rücken den Gletscher in seiner ganzen Ausdehnung übersieht. Auf diesem Rücken wurden daher — wie die vorstehende Skizze und die Karte zeigt — die beiden Kamerastationen des für die Konstruktion wichtigsten Standpunktes II gewählt.

Da aber diese Erhebungen sehr steil gegen Knappenstube und Bremshaus abfallen und die Höhenbestimmung von zu tief gelegenen Punkten wenig sicher ist, so war es geboten, die unter dem Neunerkogel gelegenen Terrainteile von den Standpunkten VII und VIII aufzunehmen, wobei ersterer in der Richtung gegen West, letzterer in der Richtung auf das »Untere gruppete Kees« benützt wurde.

Der westliche Teil des Goldberggletschers liegt vom Standpunkt II für eine Konstruktion im Maße 1 : 10000 etwas zu weit entfernt und daher wurden für die Aufnahme des westlichen Gletschergebietes die Standpunkte III und IV gewählt.

Für die steilen Hänge des Neunerkogel und »Herzog Ernst« diente der Standpunkt I; das Moränengebiet und alte Gletscherbett, dann der Hang vom Sonnblick gegen Tauernhof wurden vom Standpunkt V im Verein mit den ziemlich entfernt liegenden, aber eine ausgezeichnete Übersicht bietenden Standpunkten IX und X auf der Durchgangsalpe und am Grieswies aufgenommen.

Die photogrammetrische Station beim Zittelhaus (Standpunkt VI) wurde als kontrollierender Punkt für das ganze Aufnahmsgebiet benützt. Sie ist kein Stereostandpunkt, sondern nur eine einfache Station, von der drei unter 45° aneinanderschließende Bilder hergestellt wurden, welche nur die Möglichkeit bieten Strahlen nach allen in den Bildern sichtbaren Punkten zu ziehen und so ihre Lage zu überprüfen.

Nachstehendes Verzeichnis der Standpunkte

Standpunkt Nr.	Richtung des Normalbildes	Länge der Basis	Verschwenkte Anschlußbilder
I	Neunerkogel	113·4	35° rechts
II	Goldbergspitz	111·8	30° rechts und links
III	Tramerkopf	36·2	30° rechts
IV	Rojacherhütte	69·1	30° links
V	Alteck	30·7	»
VI	»	—	45° und 90° links
VII	Leitenfrost	70·5	30° links
VIII	Unteres gruppetes Kees	37·4	»
IX	Goldzechkopf	125·0	30° rechts
X	Radhaus	66·7	»

[1] Hübl: »Die photogrammetrische Terrainaufnahme«, Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes 1899.

zeigt die Länge der gewählten Standlinie und die Orientierung der Bilder, gibt also die Richtung an, nach welcher die Kameraachse bei der photographischen Aufnahme gerichtet war.

Der Bildwinkel der Kamera beträgt etwa 50° und da derselbe oft den zu photographierenden Terrainabschnitt nicht völlig einschließt, so wurden fast immer nebst den normalen Bildern auch solche mit nach rechts oder links verschwenkten Kameraachsen hergestellt. Bei der Aufnahme der Normalbilder wird die Kameraachse senkrecht zur Basis gestellt und für die Anschlußbilder wird sie um einen bestimmten Winkel 30° bis 35° seitwärts verschwenkt, so daß die drei Bilder einen Winkelraum von etwa 100° beherrschen.

In dieser Weise ergeben sich auf jeder Station zwei oder drei Kamerastellungen mit parallelen Achsen und daher drei Bilderpaare, die unter Berücksichtigung der Verschwenkungswinkel im Stereokomparator ausgemessen werden können.

Die Markierung aller Standpunkte, also der linken Kamerastationen, erfolgte am Boden mit roter Ölfarbe und zum Schutze dieser Marke wurde dieselbe mit einem kegelförmigen Steinhaufen, einem sogenannten »Steinmandel«, überdeckt.

Die photographischen Manipulationen beschränkten sich lediglich auf das Exponieren der Platten, da erfahrungsgemäß die weitere Behandlung derselben, das Entwickeln, Fixieren etc. besser und sicherer erst nach der Heimkehr in einer gut eingerichteten Dunkelkammer erfolgt. Bei dem gegenwärtigen Stand der Photographie kann man — eine fachgemäße Behandlung der Platten vorausgesetzt — auch ohne jede Probeentwicklung fast mit Sicherheit auf vollkommen brauchbare Bilder rechnen.

Von größter Wichtigkeit ist es aber, daß nur bei sehr klarem Wetter photographiert wird und daß man auch die mit der Tageszeit wechselnde Beleuchtung des Geländes berücksichtigt. Dieser Umstand ist bei Gletscheraufnahmen von ganz besonderer Bedeutung, denn die Bilder sollen nicht nur tunlichst viel Detail zeigen, es muß auch die Gestalt der oft ganz detaillosen flachen Formen des Eisfeldes angedeutet sein, was nur bei einem ganz bestimmten Lichteinfall zu erzielen ist.

Aus solchen Bildern lassen sich mit Hilfe von stereoskopischen Messungen auch ganz gleichförmig mit Schnee bedeckte Flächen bearbeiten, denn eine auch nur leichte Abschattierung der Formen genügt schon zur Bildung eines räumlichen stereoskopischen Effektes.

Aus diesem Grunde wird die photogrammetrische Feldarbeit fast ausschließlich durch die Sorge um tadellose Bilder beherrscht, und es darf in dieser Beziehung keine günstige Stunde versäumt werden; für die geodätischen Arbeiten, die Winkelmessungen etc., genügt bald ein Wetter und sie lassen sich auch später jederzeit nachtragen.

Zur Durchführung der Feldarbeit waren acht Tage erforderlich, wobei als Unterkunftstation das bereits in Verfall stehende Knappenhaus benützt wurde.

Der Verlauf der Arbeit ist aus nachstehendem Tagebuch zu entnehmen:

11. August. Aufstieg von Kolm—Saigurn zum Knappenhaus. Dichter Nebel und zeitweilig Regen. Im Vorbeigehen wird die zerstörte Pyramide auf der Durchgangsalpe aufgestellt.

12. August. Trotz dichten Nebels wird um 6^h früh aufgebrochen, um wenn möglich das aufzunehmende Gebiet zu rekognoszieren, die für die photographische Aufnahme geeigneten Standpunkte auszuwählen und durch Signale zu bezeichnen. Für alle Fälle wurden aber auch die Instrumente mitgenommen, um bei Eintritt günstigen Wetters ein oder den andern Standpunkt photographisch zu erledigen. Tatsächlich heiterte es sich allmählich aus und nachdem fünf Signale aufgestellt waren konnte nachmittag vom Standpunkte I bei der Rojacherhütte gegen Neunerkogel und »Herzog Ernst» photographiert werden.

13. August. Aufbruch 4^h früh bei tadellos klarem Wetter. Die photographischen sowie geodätischen Arbeiten am Neunerkogel (Standpunkt II) werden durchgeführt.

14. August. Teilweise bewölktes Wetter. Es wird beabsichtigt, den Standpunkt IV am Hohen Sonnblick zu erledigen. Während des Aufstieges nimmt die Bewölkung aber zu und um den Tag nicht ganz zu verlieren, wird bei der Rojacherhütte Halt gemacht und vom Standpunkte III das Eisfeld gegen Tramerkopf und Goldbergspitze photographiert. Kaum war die Arbeit beendet, als dichter Nebel eintrat, dem bald ein Regen folgte. Während des Abstieges wurde der Standpunkt IV bei Tramerscharte durch ein Signal bezeichnet.

15. August. Ununterbrochen Regen. Erst gegen Abend läßt dieser nach und die Umgebung des Knappenhauses wird mit Hilfe eines kleinen Meßtisches unter Benützung des bei der Militärmappierung üblichen Vorganges aufgenommen. Es war das eine Vorsichtsmaßregel, da es nicht ganz sicher war, ob diese Terrainpartie von den photogrammetrischen Standpunkten genügend eingesehen wird. Die Konstruktion zeigte, daß diese Befürchtung nicht zutreffend war.

16. August. Aufbruch 3^h früh, um wenn möglich vormittags den Standpunkt IV und nachmittags den Hohen Sonnblick zu erledigen. Wegen dichten Nebels muß auf Standpunkt IV (Tramerscharte) bis 11^h gewartet werden. Dann tritt aber für einige Stunden völlige Ausheiterung ein und es gelingt, die beabsichtigten Arbeiten programmgemäß durchzuführen.

17. August. Stürmisches, jedoch ziemlich klares Wetter. Die Standpunkte VIII, VII und V werden bei Vormittagslicht erledigt. Nachmittags wird die Mappierung der Umgebung des Knappenhauses beendigt.

18. August. Die beiden Standpunkte IX auf der Durchgangsalpe und X am Grieswies werden bei gutem Wetter absolviert und da die Feldarbeit beendet ist, wird nachmittag der Abstieg nach Kolm—Saigurn angetreten.

Wie aus diesen Aufzeichnungen zu ersehen ist, waren die Witterungsverhältnisse keineswegs besonders günstig, aber durch Ausnützung aller sonnenklaren Stunden gelang es doch in acht Tagen ein völlig ausreichendes Material für die Konstruktion des etwa 8 km^2 umfassenden Gebietes zu erzielen.

Ein direktes Aufnahmsverfahren mit Meßtisch und Tachymeter wäre in dieser Zeit nicht über die ersten Anfänge gediehen.

Die Konstruktion der Karte auf Grund der photographischen Bilder.

Die Konstruktion der Karte wurde selbstverständlich mit dem Auftragen der von der Triangulierung gegebenen Fixpunkte, dann der durch Winkelmessungen bestimmten Standpunkte begonnen. Dazu wurde ein auf eine Glasplatte aufgespanntes Papier benützt, wodurch die tadellose Maßhaltigkeit der ganzen Konstruktion gesichert war. Dieses schüttere Punktnetz, welches das Gerippe für den gesamten Karteninhalt bildet, mußte zunächst weiter verdichtet werden.

Jedes von einem Standpunkt aufgenommene Bilderpaar umfaßt nämlich einen gewissen Terrainabschnitt, und um diese Kartenteile richtig aneinander zu schließen, dann aber auch als Kontrolle für die Richtigkeit der weiteren photogrammetrischen Punktbestimmung ist die Kenntnis der Lage und Höhe einer größeren Anzahl von in den Bildern sicher auffindbaren Punkten notwendig.

Man wählt zu diesem Zwecke passend gelegene, sehr deutlich markierte Punkte, die sich in den Bildern von wenigstens drei Standpunkten sicher auffinden lassen, und bestimmt ihre Situation wie beim photographischen Meßtischverfahren durch Rayonieren und Schneiden.

In dieser Weise wurden 50 durch doppelte Schnitte bestimmte, also sicher liegende und über das ganze Aufnahmsgebiet gleichmäßig verstreute Punkte erhalten, welche die Richtigkeit der weiteren Konstruktion sicherten.

Sodann konnte mit der Auswertung der Bilder begonnen werden, wobei nicht Kopien, sondern direkt die Negative zur Verwendung kamen.

Im Stereokomparator wurde für jeden zu bestimmenden Terrainpunkt die Abszisse und Ordinate im linken Bild sowie die Abszissendifferenz beider Bilder (die Parallaxe) ermittelt und aus diesen Daten durch Rechnung die Lage des Punktes und seine Höhe über dem Horizont der linken Kamerastation bestimmt.

Alle größeren Spalten und Wasserläufe auf dem Eisfeld, alle Gipfel, Grate, Rinnen und Verschneidungen in der Felsumrahmung, dann die Begrenzung des Eisfeldes wurden in dieser Weise festgelegt.

Auf der Gletscherzunge am »Unteren grupeten Kees« wurde ein engmaschiges Punktnetz angestrebt, um selbst kleine Veränderungen am Gletscherrande leicht und sicher konstatieren zu können.

Im ganzen wurden etwa 1200 solcher Detailpunkte bestimmt und aus den Differenzen, die sich bei der Lagebestimmung gleicher Terrainobjekte von verschiedenen Standpunkten ergeben, läßt sich schließen, daß der mittlere Situationsfehler etwa $\pm$ 3 m betragen dürfte.

Auch die Höhe zahlreicher Punkte wurde von verschiedenen Standpunkten kontrolliert, wobei Differenzen beobachtet wurden, die einem mittleren Höhenfehler von $\pm$ 0·3 m entsprechen.

So wurden zum Beispiel vom Standpunkt I und II die Wasserspiegelhöhe des beim Knappenhaus gelegenen Sees an je drei Uferpunkten gemessen, wobei sich folgende Zahlen ergaben:

Vom Standpunkt I: 2317·1
2316·5
2316·8
» » II: 2316·5
2316·7
2316·6

Auf Grund des so erhaltenen Detailpunktnetzes konnte dann die Karte gezeichnet werden, jedoch geschah das nicht auf dem Konstruktionsblatt, sondern auf einem zweiten Blatt, auf das sämtliche Punkte mit Hilfe von Pausleinwand übertragen wurden. Das Konstruktionsblatt wurde auf der Glasplatte belassen und für eventuell später noch wünschenswerte Ergänzungen oder Nachmessungen aufbewahrt.

An Hand der photographischen Bilder ergab sich durch Verbindung der zusammengehörigen Punkte die Situation aller wichtigen Geripplinien, die dann den Rahmen für die Skizzierung der Formen bildeten.

Dabei leistet die stereoskopische Betrachtung der Bilder ausgezeichnete Dienste, denn sie ermöglicht leichter eine richtige und charakteristische Wiedergabe der Formen als es bei einer Aufnahme an Ort und Stelle möglich ist.

Bei einer solchen direkten Aufnahme sind wir, um zur Kenntnis der wahren Terrainformen zu gelangen, auf die Kombination jener flüchtigen Eindrücke angewiesen, die wir beim Begehen der Gegend gewinnen, denn wir vermögen die gewaltige, massige Natur nur zum kleinsten Teile zu überblicken.

Im Stereoskop sehen wir aber die Landschaft so, als ob unsere Augen im Abstande der beiden photographischen Standpunkte liegen würden, sie erscheint uns daher wie eine plastische Nachbildung im kleinen Maßstabe, wie ein Modell dessen Gliederung wir vollkommen überblicken und in welchem sich das nebensächliche Detail der großen Form völlig unterordnet.

Unter dem Eindrucke solcher plastischer Bilder wurde das Bodenrelief skizziert, wobei eine gewisse malerische Wirkung angestrebt wurde, die an den Anblick der natürlichen Felsenlandschaft erinnert.

Schließlich wurden die Niveaukurven auf Grund des Punktnetzes derart eingelegt, daß sie den Eis- und Felsformen strenge folgen, sich ihnen anschmiegen und sie sinngemäß ergänzen.

Im Felsgebiet wurden diese Schichtenlinien in Höhenabständen von 100 *m* angeordnet, am Gletscher beträgt ihr Abstand 20 *m* und in sanft geböschten Teilen wurden 10 *m*-Zwischenlinien eingelegt.

Die Benützung des gewonnenen Aufnahmematerials.

Die vorliegende Karte im Vereine mit den photographischen Bildern definieren den Stand des Gletschers im August 1909 und ermöglichen es, jede im Laufe der Zeit eingetretene Veränderung zu konstatieren.

Die Karte gewährt eine allgemeine Übersicht über die Form und Ausdehnung der Eisfelder und über die Gestalt und Beschaffenheit ihrer nächsten Umgebung; sie gestattet die Ermittlung von Entfernungen, von Höhendifferenzen, das Ausmessen von Flächen etc., und sie ermöglicht auch die Orientierung an Ort und Stelle. Die Veränderungen der Grenzen des Gletschers und seines Reliefs, die Bewegungsverhältnisse der Eismassen und andere für die Gletscherforschung wichtige Daten lassen sich aber mit Hilfe der Karte nur unsicher konstatieren.

Es ist ja selbstverständlich, daß in einer Karte 1 : 10.000 Situationsveränderungen von etwa 10 *m* kaum nachweisbar sind und das gleiche gilt für Veränderungen des Reliefs, die — wenn sie nicht kotierte Punkte betreffen — viele Meter betragen können, ohne daß es möglich ist, sie auf dem Wege von Nachmessungen zu erkennen.

Ungleich einfacher und sicherer lassen sich solche Fragen, wie schon oben angedeutet wurde, mit Hilfe der photographischen Bilder lösen. Photographiert man das Eisfeld nach einer gewissen Zeit von den gleichen Standpunkten mit der gleichen Orientierung und mit der gleichen Kamera und vergleicht man dann diese Bilder mit den früher hergestellten, indem man sie gemeinsam im Stereoskop betrachtet so ist jede in der Zwischenzeit aufgetretene Veränderung augenblicklich erkennbar.

Wären nämlich die Bilder vollkommen ident, so würden sie bei stereoskopischer Betrachtung wie ein ebenes Bild erscheinen, fehlt aber in einem Bild irgend ein Detail, so wird das als Störung empfunden und liegt irgend ein Objekt in den Bildern verschieden, hat es also eine Verschiebung erlitten, so sehen wir es vor oder hinter der Bildebene.

So können alle selbst unbedeutenden Veränderungen in den Formen nicht nur erkannt, sondern mit Hilfe stereoskopischer Messungen auch zahlenmäßig ermittelt werden. Und das gilt von jedem noch so unbedeutenden Detail, denn jede Veränderung, die ein Riß oder Sprung, jede Verschiebung, die ein auf der Eisfläche liegender Stein im Laufe der Zeit erlitten hat, kann im Stereokomparator konstatiert und gemessen werden.

Haben sich einzelne Teile des Gletschers in der Form wesentlich geändert, so läßt sich die neue Situation mit Hilfe des letztaufgenommenen Bilderpaares leicht konstruieren und mit der früheren Situation in der Karte vergleichen. Dabei kann man aber auch mit dem alten Bilderpaar die frühere Situation erneuert überprüfen und sie durch Details ergänzen, die uns vielleicht jetzt erst aus irgend einem Grunde interessieren.

So haben die photographischen Bilder durch die stereoskopische Meßmethode eine früher ganz unbekannte Bedeutung gewonnen, denn sie machen es möglich, jede Veränderung des Eisfeldes mit größter Leichtigkeit zu konstatieren, ohne daß man dabei auf eine Karte von vielleicht zweifelhafter Richtigkeit und auf schwerfällige, zeitraubende Nachmessungen an Ort und Stelle angewiesen wäre.

Solche zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Stereoskopbilder sind den früheren »Meßbildern« weit überlegen, denn sie repräsentieren eigentlich plastische Gebilde, gleichsam Modelle des Eisfeldes, die immer wieder studiert, vermessen und gegenseitig verglichen werden können.

Die für solche Zwecke notwendigen photographischen Bilder lassen sich jederzeit leicht herstellen wenn die Standpunkte — hauptsächlich die linken Kamerastationen — sicher markiert sind, was auch, wie schon oben erwähnt, bei der in Rede stehenden Gletscheraufnahme geschah.

Hier sind die Verhältnisse auch insoferne besonders günstig, weil das ganze Eisfeld von den drei Standpunkten II, III, IV völlig eingesehen wird. Es wird daher in Zukunft auch genügen, nur von diesen drei Punkten zu photographieren, die, gutes Wetter vorausgesetzt, leicht in zwei Tagen absolviert werden können.

Um die photographischen Bilder, respektive die bei stereoskopischen Messungen stets benützten Negative für einen späteren Gebrauch sicherzustellen, wurden sie, ebenso wie das erwähnte Konstruktionsblatt, im Militärgeographischen Institute (Technische Gruppe) deponiert.